

Avaliação de atributos químicos do solo em ambientes de terra firme e várzea no município de Santana, Amapá

João da Luz Freitas¹, Erick Silva dos Santos², Francisco de Assis Oliveira³

1. Engenheiro Florestal. Doutor em Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural do Amapá (UFRA). Pesquisador (Divisão de Botânica), Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil. E-mail: jfreitas.ap@bol.com.br

2. Engenheiro florestal. Mestrando em Direito Ambiental e Política Pública, Universidade Federal do Amapá. Pesquisador (Divisão de Botânica), Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Brasil. E-mail: ericks_santos@hotmail.com

3. Engenheiro Florestal. Doutor em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará. Professor, Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil. E-mail: francisco.oliveira@ufra.edu.br

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo avaliar os atributos de dois ecossistemas terra firme e várzea sob arranjos agroflorestais (SAF) e fragmentos florestais de terra firme (FFTf) e de várzea (FFVz), em duas profundidades (010 e 1020 cm) em dois períodos do ano chuvoso e seco. Para os sistemas de uso da terra foram observados os maiores valores de matéria orgânica no fragmento florestal (46,07 g/kg), sendo que, o menor foi do SAF2 (36,52 g/kg). Com relação a profundidade de coleta, verificou-se uma maior concentração de matéria orgânica na camada de 0-10 cm (43,59 g/kg) e menor na camada de 10-20 cm (36,88 g/kg). As concentrações de matéria orgânica, fósforo, potássio, alumínio trocável e H+Al foram maiores no fragmento florestal de terra firme em relação aos SAF. Nos solos de várzea as concentrações de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, H+Al, valores da soma de bases e CTC aumentaram no período chuvoso.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes, terra firme, várzea.

Chemical soil attributes evaluation on firm earth and lowland environments in the city of Santana, Amapá

ABSTRACT: The present study was to evaluate the chemical properties of two ecosystems on land and lowland agro-forestry arrangements (SAF) and upland forest fragments (FFTf) and floodplain (FFVz), at two depths (010:1020cm) in two periods of wet and dry years. For systems of land use were observed higher values of organic matter in the forest fragment (46.07 g/kg), and the smallest was the SAF2 (36.52 g/kg). Regarding the depth of collection, there was a greater concentration of organic matter in the layer of 0-10cm (43.59 g/kg) and lower layer of 10-20cm (36.88 g/kg). The concentrations of organic matter, match, potassium, exchangeable aluminum and H+Al were larger in the forest fragment of earth strong in relation to SAF. In the meadow soils the pH concentrations, organic matter, match, potassium, calcium, magnesium, H+Al, values of the sum of bases and CTC increased in the rainy period.

Keywords: nutrient cycling, firm earth, floodplain.

1. Introdução

Na região amazônica predomina o sistema de agricultura itinerante, com o uso do solo se limitando a um período que raramente ultrapassa os cinco anos. Este sistema de uso da terra tem resultado na intensificação do desmatamento sobre a floresta nativa para a produção dos alimentos não produzidos nas áreas já desmatadas e inadequadamente exploradas.

O conhecimento dos atributos dos solos, em arranjos agroflorestais espontâneos, é fundamental na consolidação dos SAF como alternativa possível na Amazônia, uma vez que, é através da sua adequação que poderá ser obtido o binômio auto-sustentação e conservação tão importante para esta região.

Dentre as alternativas de uso da terra dos solos da Amazônia, a indicação de sistemas agroflorestais é, sem dúvida, uma das alternativas que melhor se adaptam as condições regionais, pois combinam em uma mesma área espécies arbóreas, preferencialmente leguminosas, e culturas anuais. O sistema agroflorestal visa reunir em um mesmo espaço e tempo, os processos de recuperação da fertilidade do solo e intensificação da ciclagem de nutrientes, os quais foram separados temporariamente na agricultura itinerante (ALEGRE; AREVALO, 1999).

É provável que o uso de arranjos agroflorestais, adaptados às condições locais, permite obter produções satisfatórias de biomassa, a ser utilizada na cobertura do solo, protegendo-o dos efeitos danosos da erosão, da lixiviação, e ainda, possa oferecer nutrientes, através da ciclagem das camadas inferiores, necessários para aumentar a produtividade dos cultivos associados, melhorando também as condições de uso da terra, por reduzir as queimadas comuns nos sistemas tradicionais.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivos avaliar os atributos químico do solo de dois ecossistemas terra firme e várzea sob arranjos agroflorestais e fragmentos florestais, no município de Santana, Amapá.

2. Material e Métodos

O mapeamento e a identificação dos solos da Ilha de Santana foi classificado segundo Embrapa (1996). A legenda de identificação dos solos é composta de unidades de mapeamento simples, com apenas uma unidade taxonômica e composta com duas unidades taxonômicas, admitindo-se segundo os autores da pesquisa, que essas pequenas variações praticamente imperceptíveis não interferem na interpretação das possibilidades de utilização das terras (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação dos solos encontrados na Ilha de Santana, Santana, Amapá. / **Table 1.** Identification of soils found in Ilha de Santana, Santana, Amapá.

Símbolo das unidades de mapeamento	Classificação taxonômica dos solos
LA ₁	LATOSSOLO AMARELO ÁLICO A moderado textura muito argilosa fase floresta equatorial subperenifólia relevo plano. LATOSSOLO AMARELO ÁLICO A moderado textura argilosa cascalhenta fase floresta equatorial subperenifólia relevo plano.
LA ₂	LATOSSOLO AMARELO ÁLICO A proeminente textura argilosa fase pedregosa III campo cerrado equatorial relevo plano.
LA ₃	LATOSSOLO AMARELO ÁLICO A proeminente textura argilosa fase pedregosa I floresta equatorial subperenifólia relevo plano.
LA ₄	LATOSSOLO AMARELO ÁLICO A moderado textura argilosa fase pedregosa I campo cerrado equatorial relevo plano.
PA	PODZÓLICO AMARELO Tb ÁLICO A moderado textura argilosa/muito argilosa fase floresta equatorial subperenifólia relevo plano. PODZÓLICO AMARELO Tb ÁLICO A moderado textura média/argilosa fase floresta equatorial subperenifólia relevo plano.
HGP	GLEI POUCO HÚMICO Ta EUTRÓFICO A moderado textura siltosa fase floresta equatorial higrófila de várzea relevo plano.
A	SOLO ALUVIAL Ta EPIEUTRÓFICO textura siltosa fase manguezal relevo plano.

Fonte: Embrapa (1996).

As coletas foram realizadas seguindo as recomendações de Silva Júnior et al. (2006), utilizando-se o trado holandês, recomendado para coletas direcionadas para a pesquisa.

Realizou-se a coleta de amostras de solo em dois ecossistemas terra firme e várzea nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Sendo que para cada ecossistema foram selecionados dois arranjos de sistemas agroflorestais e um de vegetação natural secundária. As amostras compostas do solo foram obtidas a partir de vinte amostras simples em ziguezague, em pontos ao acaso, em cada categoria de uso (SAF e vegetação natural), acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Em seguida as amostras foram colocadas em local seco, arejado e à sombra para secagem do tipo terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras foram destorroadas, passadas em peneiras de 2 mm de malha, homogeneizadas e armazenadas, para serem posteriormente analisadas para as variáveis em estudo. As coletas foram realizadas nos períodos de maior e menor precipitação pluviométrica correspondente aos meses de março e novembro/2007, respectivamente. As categorias de uso da terra apresentaram as seguintes características:

SAF 1: (Sítio Deus Proverá – ramal do Igarapé da Aldeia) É um sistema agroflorestal com um hectare, implantado em área de terra firme com recursos próprios, possui aproximadamente 8 anos de implantação e foi originado a partir do processo de corte e queima da floresta residual. O sistema tem como cultivo principal o cupuaçuzeiro plantado no espaçamento 3 X 3 metros, associado à regeneração natural de bacabeira.

SAF 2: (Retiro Dourado – estrada da Escola Bosque) sistema agroflorestal com dois hectares, implantado em área de terra firme com recursos próprios, possui aproximadamente 10 anos de implantação e foi originado a partir do processo de corte e queima da floresta residual. O sistema tem como cultivo principal o cupuaçuzeiro plantado no espaçamento 3 X 4 metros, é composto por espécies florestais remanescentes e fruteiras dispostas aleatoriamente na área. Dentre as fruteiras destacam-se:

biribazeiro, pupunheira, açazeiro, ingazeiro, mangueira e bacabeira.

SAF 3: (Retiro Boa Vista – margem esquerda do Igarapé Paula) sistema agroflorestal com dois hectares, implantado em área de várzea com recursos próprios, possui aproximadamente 12 anos de instalação e foi originado a partir do processo de corte e queima da floresta residual para a implantação de roça. O sistema tem como cultivo principal o plantio e manejo de açazeiros nativos, é composto ainda, por espécies florestais remanescentes e fruteiras dispostas aleatoriamente na área. Dentre as espécies destacam-se: taperebazeiro, pau mulato, cacaveiro, cupuaçuzeiro, andirobeira e ucuubeira.

SAF 4: (Retiro Boa Esperança – Rua Dr. Ulisses Guimarães) sistema agroflorestal com dois hectares, implantado em área de várzea com recursos próprios, possui aproximadamente 15 anos de implantação e foi originado a partir do processo de corte e queima da floresta residual. O sistema tem como cultivo principal o manejo do açazeiro nativo associado a outras espécies florestais, principalmente o taperabazeiro, dispostas aleatoriamente na área.

Fragmento florestal de terra firme (Sítio Santa Ana – ramal Dourado II): a cobertura vegetal da área é constituída de floresta secundária em diferentes estádios sucessionais. A formação vegetal é do tipo floresta equatorial de terra firme, com dossel superior formado por árvores de aproximadamente 25 metros de altura, o sub-bosque constituído de indivíduos de pequeno porte, incluindo algumas palmeiras, e o piso florestal formado por plantas herbáceas, regeneração natural e cipós.

Fragmento florestal de várzea (Sítio Boa Fé – ramal Dourado II): denomina-se essa formação vegetal de floresta equatorial higrófila de várzea, situam-se as margens dos cursos d'água, nas áreas que sofrem influência da flutuação do nível das águas dos rios, nos períodos de cheia e vazante. As terras alagadas ou umedecidas pelas enchentes caracterizam-se pela presença de plantas adaptadas às condições de excesso de água, com maior

relevância o açazeiro, seringueiro, andirobeira, ucuubeira, prauubeira, taperebazeiro e pracaxizeiro. Há também presença de espécies arbustivas, regeneração natural e cipós.

O delineamento experimental utilizado foi o experimento em esquema fatorial comportando dois sistemas agroflorestais de terra firme ((cupuaçuzeiro + espécies arbóreas florestais (SAF1) e cupuaçuzeiro + bacabeira (SAF2)), dois sistemas agroflorestais de várzea ((açazeiro + taperebazeiro (SAF3) e açazeiro + espécies arbóreas florestais (SAF4)), além de uma área de fragmento florestal

de terra firme (FFTf) e uma área de fragmento florestal de várzea (FFVz), com duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm), com quatro repetições, em dois períodos distintos de maior e menor precipitação pluviométrica, perfazendo um total de 96 amostras. Na época, os sistemas tinham as seguintes idades: vegetação natural de terra firme e várzea (30 anos), cupuaçuzeiro + espécies florestais (10 anos), cupuaçuzeiro + bacabeira (10 anos), açazeiro + taperebazeiro (15 anos) e açazeiro + espécies florestais (> 8 anos), como indicado na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização das amostras pelo ecossistema, categoria de uso, profundidade, idade e número de amostras. / **Table 2.** Characterization of the samples by the ecosystem, category of use, depth, age and number of samples.

Ecossistema	Categoria de uso	Prof.(cm)	Idade (ano)	Período	Nº Amostras
Terra firme	F.F.Tf.	0 - 10	> 30	Inverno e verão	8
Terra firme	F.F.Tf.	10 - 20	> 30	Inverno e verão	8
Terra firme	SAF2 (cupuaçuzeiro + sp arbóreas)	0 - 10	> 10	Inverno e verão	8
Terra firme	SAF2 (cupuaçuzeiro + sp arbóreas)	10 - 20	> 10	Inverno e verão	8
Terra firme	SAF1 (cupuaçuzeiro + bacabeira)	0 - 10	> 10	Inverno e verão	8
Terra firme	SAF1 (cupuaçuzeiro + bacabeira)	10 - 20	> 10	Inverno e verão	8
Várzea	F.F.Vz.	0 - 10	> 30	Inverno e verão	8
Várzea	F.F.Vz.	10 - 20	> 30	Inverno e verão	8
Várzea	SAF4 (açazeiro + sp arbóreas)	0 - 10	> 8	Inverno e verão	8
Várzea	SAF4 (açazeiro + sp arbóreas)	10 - 20	> 8	Inverno e verão	8
Várzea	SAF3 (açazeiro + taperebazeiro)	0 - 10	> 15	Inverno e verão	8
Várzea	SAF3 (açazeiro + taperebazeiro)	10 - 20	> 15	Inverno e verão	8
Total	—	—	—	—	96

Fonte: Dados da pesquisa

A avaliação das propriedades químicas do solo foi baseada no pH em H₂O, no conteúdo de carbono orgânico (C_{org}), matéria orgânica (M.O), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) e acidez potencial (H + Al).

A caracterização química das amostras do solo foi realizada no Laboratório de Análises Químicas de Solos, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia, segundo a metodologia estabelecida pela Embrapa (1997).

O potencial de hidrogenização (pH) em água foi determinado através de uma suspensão formada de 10 mililitros Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) com 25 mililitros de água destilada na proporção 1:2,5, colocada em copo descartável de 50 mililitros, agitada por um período de um minuto e deixada em repouso por trinta minutos. Passando esse período, a suspensão foi novamente agitada e realizada a leitura com um potenciômetro munido de um eletrodo conjugado, o qual foi introduzido nos copos com a suspensão.

Os procedimentos laboratoriais para a análise dos elementos químicos foram os seguintes: retirou-se um volume das amostras de 10 mililitros de solo, colocados em erlenmeyer de 250 mililitros, adicionando-se 100 mililitros de solução extratora, os quais foram agitados em mesa agitadora por um período de trinta minutos e posto para decantar por 24 horas, sendo então pipetadas alíquotas de 20 mililitros da solução sobrenadante para posterior titulação.

O carbono orgânico foi obtido através do método de Walkley-Black (oxi-redução), que oxida a matéria orgânica através do uso de dicromato de potássio e aquecimento com ácido sulfúrico. A matéria orgânica foi obtida pela

multiplicação do teor de carbono pela constante 1,724.

O fósforo e o potássio foram extraídos a partir da solução extratora de Mehlich-1, composta de um duplo ácido (ácido clorídrico a 0,05 N + ácido sulfúrico a 0,025 N) na razão solo:solução de 1 para 10, sendo o fósforo determinado por colorimetria, pelo método do azul de molibdênio, tendo como redutor o ácido ascórbico e o potássio por fotometria de chama.

O cálcio, magnésio e o alumínio trocável foram extraídos por uma solução de cloreto de potássio a 1N, sendo o Ca e Mg determinados por titulação com EDTA-Na 0,025 N, e o alumínio por titulação com NaOH a 0,025 N.

A determinação da acidez potencial (H⁺+Al³⁺), a qual se refere à concentração de hidrogênio e alumínio, foi obtida pela solução extratora de acetato de cálcio a 1N a pH 7,0, em seguida titulada com EDTA-Na a 0,025N, tendo como indicador da reação a fenolftaleína (três gotas por alóquota).

A partir dos resultados obtidos, foram calculados os valores para a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica total (T), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).

Segue alguns conceitos decorrentes da análise química dos solos com respectivas fórmulas utilizadas para seu cálculo:

- Soma de Bases (SB) - indica o número de cargas negativas dos colóides que estão ocupadas por bases.

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$$

- Capacidade de Troca Catiônica (CTC ou T) – equivale à quantidade de cargas negativas medidas a pH 7, incluindo-se, além das bases trocáveis (SB) e acidez potencial (H⁺+Al³⁺).

$$T = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + H^{+} + Al^{3+}$$

- Percentagem de Saturação por Bases (V%) – mede a percentagem dos pontos potenciais de troca de cátions, do complexo coloidal do solo que estão ocupados por bases, ou seja, é percentagem de bases trocáveis em relação à CTC. Sendo muito usado na caracterização de solos férteis (V% 50) e de solos de baixa fertilidade (V% 50).

$$V (\%) = [(SB \times 100)/T]$$

Percentagem de Saturação por Alumínio (m%) – mede a percentagem da CTC efetiva que está ocupada pelo alumínio trocável. Geralmente, quanto mais ácido é um solo, maior o teor de alumínio trocável, menores os teores de Ca, Mg e K, menor a soma de bases e maior a percentagem por saturação por alumínio.

$$m (\%) = [(Al^{3+} \times 100)/Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Al^{3+}]$$

Os resultados obtidos para os atributos químicos do solo, no esquema fatorial 3x2x2, referente a três tipos de sistema de uso da terra para o ecossistema de terra firme (SAF 1, SAF 2 e FFTf) e três tipos de sistema de uso da terra para o ecossistema de várzea (SAF 3, SAF 4 e FFFVZ), dois períodos de coleta chuvoso (março/2007) e seco (novembro/2007) e duas profundidades de coleta (0-10 e 10-20cm), com quatro repetições, foram submetidos à análise de variância e

comparação de média pelo teste Tukey com 5% de probabilidade utilizando os programas estatísticos Statistical Analysis System (SAS) e Microsoft Excel.

Para o referido estudo adotou-se como modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = m + t_i + B_j + C_k + D_l + BC_{jk} + BD_{jl} + CD_{kl} + BCD_{jkl} + E_{ijkl}$$

Onde:

Y_{ijkl} = Variável de resposta;

m = Média geral;

t_i = Efeito do tratamento;

B_j = Efeito dos Sistemas;

C_k = Efeito da profundidade do solo;

D_l = Efeito do período de coleta;

BC_{jk} = Efeito da interação dos sistemas e a profundidade do solo;

BD_{jl} = Efeito da interação dos sistemas e o período de coleta;

CD_{kl} = Efeito da interação profundidade do solo e o período de coleta;

BCD_{jkl} = Efeito da interação dos sistemas, a profundidade do solo e o período de coleta;

E_{ijkl} = Erro experimental.

3. Resultados e Discussão

Os resultados médios das análises de solo realizados durante a pesquisa mostraram o efeito isolado dos parâmetros sistema de uso da terra (SUT), profundidade e período de coleta, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados médios de análises de solos de terra firme, na Ilha de Santana-AP. / **Table 3.** Average results of analyzes of upland soils at the Santana Island, Santana, Amapá.

Variáveis Independentes	pH H ₂ O	Corg, g kg ⁻¹	M.O, mg dm ⁻³	P, cmolc. dm ⁻³	K, %	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
SUT													
FFTf	4,51c	26,73a	46,08a	4,39a	0,08a	0,18c	0,30b	2,89a	10,63a	0,56c	11,2a	5,06c	83,83a
SAF1	4,87a	22,11b	38,12b	3,39b	0,07b	0,63a	0,68a	1,81c	9,05b	1,38a	10,43b	12,48a	59,84c
SAF2	4,60b	21,19b	36,53b	3,42b	0,05c	0,35b	0,35b	2,25b	8,38c	0,75b	9,13c	7,94b	75,49b
PROFUNDIDADE													
0 - 10	4,65a	25,29a	43,6a	4,30a	0,08a	0,41a	0,49a	2,38a	9,81a	0,97a	10,78a	8,84a	71,15a
10 - 20	4,67a	21,39b	36,88b	3,16b	0,06b	0,36a	0,40a	2,25a	8,90b	0,82b	9,73b	8,15a	74,95a
PERÍODO													
Chuvoso	4,78a	23,34a	40,24a	4,75a	0,08a	0,52a	0,63a	2,33a	9,92a	1,23a	11,15a	10,85a	66,52b
Seco	4,54b	23,34a	40,24a	2,72b	0,06b	0,25b	0,25b	2,30a	8,79b	0,56b	9,36b	6,13b	79,58a
Média Geral	4,66	23,30	40,20	3,73	0,07	0,38	0,44	2,32	9,36	0,90	10,25	8,49	73,05

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra dentro do tratamento SUT não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra dentro dos tratamentos Profundidade e Período não diferem significativamente entre si pelo teste F.

De acordo com os resultados obtidos para a análise de variância, verificou-se o efeito isolado dos sistemas de uso da terra, profundidade de amostragem e período de coleta para os atributos do solo. Com relação ao pH em água, os índices obtidos em função dos sistemas de uso da terra variou 4,51 (FFTf) a 4,87 (SAF1), nas profundidades estudadas observa-se que não ocorreram diferenças significativas estatisticamente nos valores obtidos, porém, houve uma tendência de crescimento positivo na maior profundidade (4,67) para a menor (4,65), entre os períodos de coleta a estação chuvosa mostrou maior valor deste parâmetro (4,78) do que a estação seca (4,54), provavelmente em função da mineralização da matéria orgânica. Foi observada a seguinte ordem decrescente em função do sistema de uso da terra: SAF1 SAF2 FFTf.

A relação entre pH e a saturação por bases é muito utilizada na indicação de fertilidade do solo, principalmente, quando se deseja, por meio de correção, alcançar um determinado valor de saturação por bases, pretende-se

corrigir a acidez do solo até definido pH, considerado adequado a certa cultura.

Observando-se as características químicas do solo e os valores encontrados para a saturação por bases, indica que o aumento do pH permite aumentar a V%, uma vez que o Al, é, precipitado, liberando cargas que passam a ser ocupadas por cátions básicos (Figura 1).

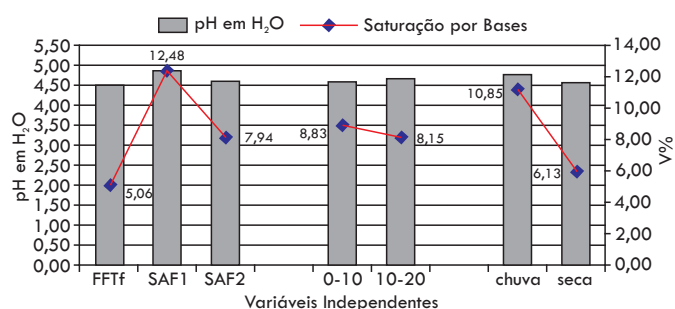


Figura 1. Relação entre o pH e a saturação por bases entre os sistemas de uso da terra, a profundidade e o período de coleta no ecossistema de terra firme da Ilha de Santana, Amapá. / **Figure 1.** Relationship between pH and base saturation between land use systems, the depth and the collection period in upland ecosystem of the island of Santana, Amapá.

Os valores médios obtidos na pesquisa de pH em água de 4,66 e saturação por bases de 8,49% quando comparados com as recomendações sugeridas pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), são indicativos de solos com acidez elevada (pH em água 4,5 - 5,0), com saturação de bases considerada muito baixo (V 20%), portanto, considerado de baixa fertilidade. Nesse contexto, verificou-se que os solos utilizados para os sistemas de uso da terra estão fora da condição de pH, considerada ótima para o cultivo de espécies agrícolas. Diversos autores confirmam estes resultados, relatando que ocorre redução na saturação por bases mediante a substituição da vegetação nativa para implantação de cultivos agrícolas ou florestais, provocando modificações nos atributos químicos dos solos (DEMATTE; DEMATTE, 1993; MOREIRA; COSTA, 2004), entretanto, segundo Serrão et al. (1998), ainda assim os solos de terra firme da Amazônia se encontram em condições consideradas produtivas.

Segundo Demattê (1988), a possibilidade de desenvolvimento de uma floresta densa em solos com baixa fertilidade natural, sem apresentar sintomas de deficiências nutricionais, esta diretamente relacionada com o processo constante da decomposição do material orgânico associado a uma pequena perda por lixiviação.

Os valores médios dentre as variáveis independentes de carbono orgânico variaram de 21,18 a 26,72 g/kg, enquanto que, para a matéria orgânica as variações foram de 36,52 a 46,07 g/kg.

A Figura 2 mostra as médias de carbono orgânico e matéria orgânica em três diferentes sistemas de uso da terra, em duas profundidades do solo e dois períodos de coleta (chuvoso e seco). Para os sistemas de uso da terra foram observados os maiores valores de matéria orgânica no fragmento florestal (46,07 g/kg), sendo que, o menor foi do SAF2 (36,52 g/kg). Com relação a profundidade de coleta, verificou-se uma maior concentração de M.O. na camada de 0-10 cm (43,59 g/kg) e menor na camada de 10-20 cm (36,88 g/kg).

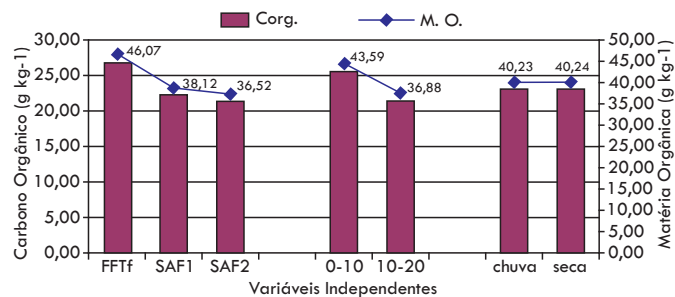


Figura 2. Médias das concentrações de carbono orgânico (Corg.) e matéria orgânica (M. O.), de solos de terra firme em três sistemas de uso da terra, duas profundidades e dois períodos de coleta. / **Figure 2.** Averages of organic carbon concentrations (Corg.), Organic matter (O. M.) of upland soils in three land use systems, two depths and two collection periods.

Os valores encontrados para a matéria orgânica seguem o mesmo comportamento do carbono orgânico, uma vez que foram obtidos por meio de uma relação direta entre esses atributos. Dessa forma, a discussão que justifica os valores encontrados para o carbono orgânico, é extensiva à matéria orgânica.

Os resultados obtidos na pesquisa para o carbono orgânico estão de acordo com os encontrados por Demattê e Demattê (1993) para a região amazônica, que segundo os autores à medida que o solo vai ficando mais profundo a concentração de carbono vai diminuindo isto é devido à maior fonte de matéria orgânica para o solo está representado principalmente pela adição de folhas, galhos e serrapilheira depositados na superfície do solo. Portanto, periodicamente está deposição em larga escala na superfície do solo de material orgânico fresco sem tempo para a humificação, vindo assim explicar a maior concentração de carbono orgânico na primeira camada.

A análise das médias das variáveis independentes correspondentes aos atributos químicos do solo estudado em função dos efeitos isolados dos parâmetros sistema de uso da terra (SUT), profundidade de amostragem e período de coleta, encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados médios das análises de solos de várzea, na Ilha de Santana-AP. / **Table 4.** Results of the analysis of average lowland soils in Santana Island, Santana, Amapa.

Variáveis Independentes	pH H ₂ O	Corg, g kg ⁻¹	M.O. mg dm ⁻³	P cmol _c dm ⁻³	K %	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
SUT													
FFVz	5,67a	22,34a	38,51a	15,52a	0,18a	9,35b	2,75ab	0,24a	5,22a	12,29b	17,52ab	70,28b	2,00a
SAF3	5,73a	18,77b	32,36b	11,37b	0,15b	9,14b	2,54b	0,29a	4,91a	11,84b	16,75b	70,7b	2,52a
SAF4	5,80a	18,12b	31,24b	10,67b	0,14b	10,03a	2,94a	0,22a	4,49b	13,12a	17,61a	74,57a	1,76a
PROFUNDIDADE													
0 - 10	5,70a	26,94a	46,44a	16,84a	0,17a	9,73a	2,58b	0,18b	5,43a	12,49a	17,92a	69,68b	1,5b
10 - 20	5,77a	12,55b	21,63b	8,20b	0,14b	9,29a	2,91a	0,32a	4,32b	12,35a	16,67b	74,02a	2,68a
PERÍODO													
Chuvoso	5,84a	19,78a	34,10a	15,00a	0,17a	9,85a	2,79a	0,24a	5,04a	12,82a	17,86a	71,83a	1,89a
Seco	5,63b	19,70a	33,97a	10,04b	0,14b	9,17b	2,70a	0,27a	4,71b	12,02b	16,73b	71,88a	2,29a
Média Geral	5,70	17,92	30,90	10,55	0,15	9,34	2,77	0,27	4,69	12,26	16,96	72,33	2,28

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra dentro do tratamento SUT não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra dentro dos tratamentos Profundidade e Período não diferem significativamente entre si pelo teste F

De acordo com os resultados médios obtidos, verificou-se que não houve efeito do pH em nenhuma das variáveis de forma isolada e tão pouco das interações. Porém, dentro das variáveis foi observado pequenas variações. No sistema de uso da terra o maior valor de pH foi SAF4 (5,80), com relação a profundidade de amostragem houve uma tendência de crescimento positivo na maior profundidade (5,77), sendo que, o

maior valor deste parâmetro (5,84) foi verificado no período chuvoso.

A Figura 3 apresenta os valores médios de pH no solo de várzea sob diferentes usos da terra, profundidade de amostragem e período de coleta. De maneira geral, houve uma tendência de crescimento positivo do pH na maior profundidade com uma elevação do mesmo no período chuvoso.

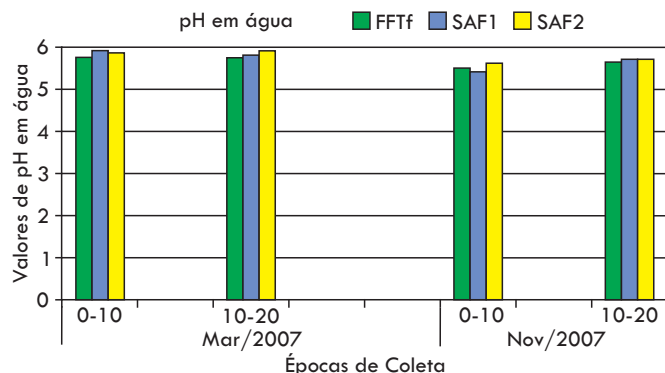


Figura 3. Média dos valores de pH em água em solo de várzea com diferentes sistemas de uso da terra, profundidade de amostragem e período de coleta, Ilha de Santana, Amapá. / **Figure 3.** Average of pH in water in lowland soil with different land use systems, sampling depth and sampling period, Ilha de Santana, Amapá.

Segundo Lopes et al. (2006), ao estudarem as características químicas de Gleissolo sob diferentes sistemas de uso no rio Guamá, verificaram que ocorreu aumento do pH em água com a profundidade, sendo que, esse maior valor de pH pode estar relacionado ao aumento de cátions básicos nos mesmo sentido.

Os resultados de pH obtidos neste trabalho variaram entre 5,63 e 5,84 e corroboram com os resultados encontrados por Embrapa (1996) ao realizar o estudo de caracterização e mapeamento dos solos da Ilha de Santana, Estado do Amapá, onde encontrou valores que variaram de 4,7 a 5,5 sendo as maiores médias encontradas nas maiores profundidades.

O valor médio geral encontrado para pH em água na área de estudo foi de 5,70. Esse resultado, de acordo com Alvarez et al. (1999) indica quimicamente uma acidez média e agronomicamente um bom nível de acidez.

Trabalhos realizados na Amazônia com solos de várzea indicaram que em situação de inundação o pH tende a aumentar na presença de água (LOPES et al., 2006). Nos solos ácidos, predominantes na Amazônia, o efeito causado pela inundação provoca a elevação do pH devido à redução dos compostos de ferro, ocasionada pela ausência de O_2 , promovendo a liberação de íons de hidroxila no solo.

A ANAVA demonstrou que houve significância apenas do efeito isolado da profundidade de amostragem nos teores de matéria orgânica do solo. Na Figura 4, encontram-se as médias de matéria orgânica em função dos diferentes sistemas de uso da terra, profundidade de coleta e período de amostragem.

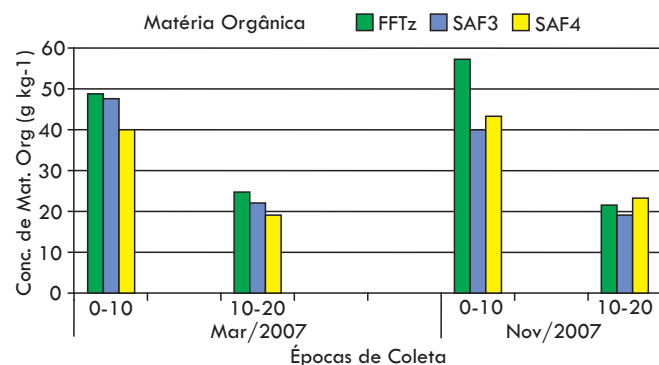


Figura 4. Média dos valores de matéria orgânica em solo de várzea com diferentes sistemas de uso da terra, profundidade de amostragem e período de coleta, Ilha de Santana, Amapá. / **Figure 4.** Average values of organic matter in wetland soil with different land use systems, sampling depth and sampling period, Ilha de Santana, Amapá.

Os maiores valores médios foram encontrados no fragmento florestal, na profundidade de 0-10 cm, no período seco (nov./2007) com $56,79 \text{ g kg}^{-1}$ e no período chuvoso (mar./2007) com $48,95 \text{ g kg}^{-1}$, entre os sistemas agroflorestais o SAF3 apresentou maior teor de M.O. ($47,84 \text{ g kg}^{-1}$) na profundidade de 0-10 cm.

Em geral, o teor de matéria orgânica diminui com profundidade do solo, sendo que na camada de 0-10 cm o teor de matéria orgânica encontrado foi de $46,44 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que, na camada de 10-20 cm o teor foi de $21,63 \text{ g kg}^{-1}$.

A diminuição mais acentuada do teor de matéria orgânica da camada superficial em direção as camadas mais profundas é esperado e normal, uma vez que este processo esta relacionado com a maior adição de resíduos depositados na superfície do solo (DEMATTÊ; DEMATTÊ, 1993; LIMA et al., 2006).

Segundo Juo e Lal (1979), ao estudarem as propriedades químicas e físicas em solos na Nigéria submetidos a descanso e cultivo contínuo, verificaram que raramente um solo utilizado com agricultura, e, onde ocorreu preparo convencional, apresentará teores mais elevados de matéria orgânica do que em condições de não preparo ou naturais. Ainda, segundo os autores, a diminuição do teor de matéria orgânica, pode ser atribuída à maior decomposição da matéria orgânica humificada, por possibilitar maior mineralização dos seus constituintes, bem como, o menor retorno de resíduos vegetais ao solo.

O valor médio da CTC de $16,96 \text{ cmol}_e / \text{dm}^3$ (alto) reflete que este solo, sob condições naturais, apresenta alta capacidade de reter cátions, com $30,90 \text{ g/kg}$ de matéria orgânica. Reflete ainda que o maior conteúdo de argila no solo contribuiu para o aumento da CTC, uma vez que a fração de argila é um importante componente da CTC do solo. Desta CTC, 2,28% dos postos de troca são ocupados pelo Al, o que certamente oferece poucas limitações ao crescimento das principais culturas.

A Figura 5 mostra as médias do Al trocável e da saturação por alumínio por alumínio ($\text{m}\%$) encontrado nos sistemas de uso da terra, nas diferentes profundidades de amostragem (0-10 e 10-20 cm) e nos diferentes períodos de coleta (março/2007 e novembro/2007).

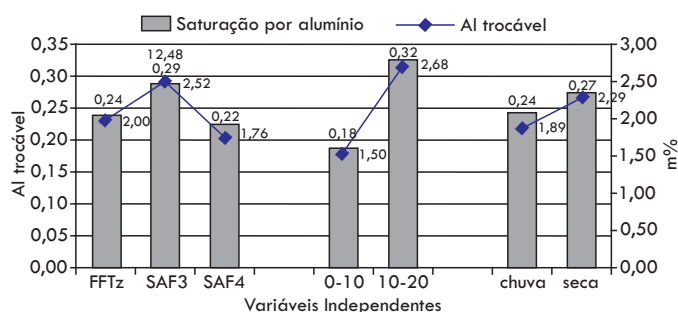


Figura 5. Médias das concentrações de Al trocável e saturação por alumínio ($\text{m}\%$), de solos de várzea em três sistemas de uso da terra, duas profundidades e dois períodos de coleta. / **Figure 5.** Average of exchangeable Al concentrations and aluminum saturation ($\text{m}\%$) of lowland soils in three land use systems, two depths and two collection periods.

As maiores saturações por alumínio ocorreram no SAF3 (açazeiro+espécies florestais), na profundidade de 10-20 cm e no período seco (novembro/2007) com 2,52, 2,68 e

maior soma de bases presentes na CTC do solo, ou ainda, do acúmulo de matéria orgânica. Segundo Lopes e Guilherme (2004), em geral, quanto mais ácido é um solo, maior o teor de Al trocável em valor absoluto, menores os teores de Ca, Mg e K, menor a soma de bases e maior a percentagem de saturação por alumínio.

Conforme Alvarez et al. (1999), os valores obtidos no presente estudo no solo de várzea para alumínio trocável são classificados como muito baixo, assim como para saturação por bases. A combinação do Al trocável com a saturação por bases indica não haver perigo de toxidez para as plantas. Segundo Tomé Júnior (1997) interpretar apenas o teor de Al trocável nem sempre é suficiente para caracterizar toxidez para as plantas, pois esta depende também da proporção que o alumínio ocupa na CTC efetiva, assim, para avaliar corretamente a toxidez por alumínio deve-se calcular também a percentagem por saturação por alumínio (m).

Verifica-se que os valores baixos de saturação por alumínio podem ser também resultantes da elevada concentração de cálcio e magnésio, e, do baixo teor de Al trocável obtido nas amostras. Os valores de pH foram mais elevados no solo coletado no período chuvoso, enquanto que, o Al trocável mostrou um ligeiro aumento no período de estiagem. Segundo Demattê e Demattê (1993), na região amazônica, os solos são considerados muito ácidos e o elevado teor de Al trocável se deve a maior CTC, consequência de uma mineralogia ser ainda instável para essas condições.

4. Conclusões

Os dados obtidos neste trabalho permitem concluir que os solos de terra firme dos sistemas estudados são de baixa fertilidade natural, sendo que no solo de terra firme, com exceção da m%, os atributos apresentaram os maiores valores no período chuvoso.

Os sistemas agroflorestais apresentaram menor concentração de matéria orgânica em relação aos fragmentos florestais. E as concentrações dos atributos do solo diminuíram com a profundidade, com exceção para o m% em solo de terra firme, e, V% em solo de várzea;

O solo de várzea, de modo geral, apresentou atributos químicos de fertilização natural elevado, demonstrando potencial para uso agrícola.

5. Referências Bibliográficas

- ALEGRE, J.C.; AREVALO, L. Manejo sostenible de los suelos con sistemas agroforestales em los trópicos húmedos. In: Congreso de la sociedad Boliviana de los suelos, 1, 1999.
- ALVAREZ, V.V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretaciones de resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.; ALVAREZ, V.V.H. Recomendaciones para uso de correctivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, p. 25-32, 1999.
- Comissão de fertilidade do solo do estado de MINAS GERAIS. Recomendaciones para o uso de correctivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação. Lavras, 1999. 359p.
- DEMATTÊ, J.L.I. Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos – Região amazônica. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.
- DEMATTÊ, J.L.I.; DEMATTÊ, J.A.M. Comparaciones entre as propiedades

- químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil Central. Scientia Agrícola, v. 50, n. 2 p. 272-286, 1993.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. Caracterização e mapeamento dos solos da Ilha de Santana, Estado do Amapá. Relatório final. Belém, 1996. 82p.
- EMBRAPA-CPSN. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos, nº 1).
- JUO, A.S.R.; LAL, R. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in western Nigeria. Plant and Soil, v. 47, p. 567 – 584. 1979.
- LIMA, H.N.; MELO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 30, p. 59-68, 2006.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Interpretação de Análise de Solo – Conceitos e Aplicações. São Paulo. ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004, 64 p. (Boletim técnico, nº 2).
- LOPES, E.L.N.; FERNANDES, A.R.; GRIMALDI, C.; RUIVO, M.L.P.; RODRIGUES, T.E.; SARRAZIN, M. Características químicas de um Gleissolo sob diferentes sistemas de uso, nas margens do rio Guamá, Belém, Pará. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi Ciências Naturais, v. 1, n. 1, p. 127-137, 2006.
- MOREIRA, A.; COSTA, D.G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 10, p. 1013-1019, 2004.
- SERRÃO, E.A.; NEPSTAD, D.C.; WALKER, R.T. Desenvolvimento agropecuário e florestal de terra firme na Amazônia: sustentabilidade, criticidade e resiliência. In: HOMMA, A.K.O. (Ed.). AMAZÔNIA: meio ambiente e desenvolvimento agrícola. Brasília: EMBRAPA, 1998. cap. 14, p.367-386.
- SILVA JÚNIOR, M.L.; MELO, V.S.; SILVA, G.R. Manual de amostragem de solos para fins de fertilidade. UFRA/Belém. 2006. 61p.
- TOMÉ JÚNIOR, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.